

УДК 62-1/-9

А.Ю. Ихтияров

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ И ПОВЕДЕНИЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА, ОСНАЩЕННОГО МИНИМАЛЬНЫМИ АППАРАТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Для определения координат, обычно используется метод TOF, основанный на расположении четырех приемников по периметру помещения. Основным недостатком является чувствительность к потере сигнала в присутствии парных «легких» помех, ложных эхосигналов и т.д. В данной статье рассматривается проблема позиционирования мобильного робота, оснащенного минимальными аппаратными средствами, а именно, - ультразвуковым дальнометром. Приведена последовательность необходимых действий робота для правильного позиционирования и перемещения в пространстве, основываясь только на данных, полученных с ультразвукового датчика.

Ключевые слова: алгоритм, позиционирование, анализ, принятие решений, сканирование.

Введение

Применение систем идентификации и определения местоположения материальных объектов – актуальное направление в оптимизации технологических процессов. В настоящее время такие системы достаточно часто применяются в различных сферах деятельности начиная с мониторинга пациентов, персонала, лекарств и оборудования в клиниках и заканчивая контролем местоположения инструментов, сборочных единиц и рабочих на конвейере. Разнообразие областей и направлений использования породило разнообразие технологий. На современном этапе развития робототехники, разработано и внедрено немало систем, обеспечивающих довольно точное позиционирование робота в пространстве и позволяющих отслеживать и корректировать траекторию движения робота. Однако, все они базируются либо на GPS-позиционировании, либо требуют громоздких, дорогостоящих аппаратных комплексов, несущих затраты не только на сами комплектующие, но и вносящие требования к мощному процессору и достаточному количеству памяти робота. GPS-позиционирование является более простым в реализации и доступным, но данный метод не способен обеспечить достаточную точность при ориентировании мобильного робота в помещении (погрешность позиционирования, в данном случае, может составлять десятки метров), поэтому, в данной статье предложен метод реализации «локального» позиционирования путём ориентирования в помещении мобильного робота, оборудованного минимальными аппаратными средствами.

Анализ проблемной области

Для автономного функционирования робота необходимо решить проблему его ориентации и пе-

ремещения в динамически меняющемся окружении. Роботу необходимо понимать свое местоположение и как из текущей точки попасть в интересующую, преодолев минимальное расстояние в кратчайшие сроки. Обеспечение робота продвинутой системой ориентации позволит ему планировать свои действия по перемещению в пространстве, прокладывать оптимальный маршрут движения, накапливать и анализировать информацию об окружающих местностях препятствиях, что в конечном итоге, позволит роботу выполнять полезную функциональную нагрузку.

Несмотря на наличие таких «продвинутых» систем, как системы технического зрения, использующие распознавание образов, системы глобального позиционирования, задача состоит в создании функционального алгоритма для робота, оборудованного минимальными аппаратными средствами, не зависящего от внешних вспомогательных факторов. Достаточным является оснащение мобильного робота ультразвуковым датчиком расстояния, который, хоть и вводит некоторые ограничения на область применения робота, однако, способен обеспечить приемлемую точность и довольно дешёв.

Изложение основного материала

Для определения положения в пространстве, необходимо выделить характерные черты данного места, отличающего его от других.

Основываясь на данных, полученных от ультразвукового датчика, уровень освещенности или цвета различить невозможно, но возможно определить и запомнить размеры помещения, его особенности и расположение объектов внутри него для дальнейшего планирования действий мобильного робота.

Постановка задачі заключається в розробці алгоритмів, які забезпечать:

- сканування оточення сенсором;
- генерація карти місцевості, ґрунруючись на отриманих даних;
- побудова оптимального маршруту руху між ділянками на карті;
- змінення раніше створеної карти, ґрунруючись на нових даних від сенсорів;
- початкову ідентифікацію положення робота в просторі.

Апаратною частиною для проведення аналізу оточуючого простору у робота є ультразвуковий датчик. Як згадувалося раніше, це спеціальний компонент, який має ряд обмежень: крім обмеження дальності вимірювання відстані та точності, він може мати різні сектори огляду, в яких здатний коректно обробити отриманий сигнал.

Отриманий сигнал представляє собою узконаправлений відбитий промінь, а сукупність відбиттів в певному секторі огляду. Кут огляду, можливо, змінювати, але тільки в невеликому діапазоні [1].

При потрапанні в невідоме простору робота, робот проводить первинне сканування місцевості. Однак, первинне сканування місцевості не здатне надати достатньо інформації для побудова достовірної карти по причині того, що в приміщенні можуть знаходитися об'єкти, поглинаючі або заломлюючі напрямлення ультразвукових хвиль і датчик не здатний зареєструвати дані про відстані до них. На карті це проявляється в «пустих» ділянках, що знаходяться за межами зору робота. Для складання достовірної карти місцевості, роботу необхідно виконати додаткові сканування «пустих» ділянок, змінивши при цьому своє місцезнаходження. Не маючи достатньо інформативної та достовірної карти, правильне позиціонування для робота не є можливим, на цьому етапі робот має тільки дані, отримані від ультразвукового датчика. Задача на цьому етапі заключається в формулюванні критерію, на ґрунті якого робот зможе прийняти рішення про припинення сканування або про проведення додаткового сканування в нових точках. Крім того, в останньому випадку, необхідно мінімізувати кількість додаткових сканувань шляхом мінімізації самих точок і мінімізації кількості сканувань в кожній з них (запобігти надмірному скануванню). Проаналізувавши деякі характеристики генерованої карти, представивши дані в вигляді гістограми відстаней до перешкодок слід зробити висновок, що результати сканування ділянок приміщення, які чітко прослідковуються роботом з

текущою позицією, мають плавно змінюючуся послідовність вимірювань відстаней. А в місці, що межує з «пустим» ділянкою, присутнє значне різниця між вимірюваним відстанню і результатом попереднього сканування. Це різниця і є критерієм прийняття рішення про додаткове проведення аналізу простору в «аномальному» ділянці. Чутливістю робота можна керувати за допомогою задачі діапазону різниці близьколежачих вимірюваних значень відстані, на який він повинен реагувати.

З цього слідує, що робот може не тільки визначити вектор руху і відстань до точки додаткового сканування, а ще і оцінити напрямлення відносно свого руху в котрому необхідно виконати додаткове збирання інформації.

Виходячи з даних, отриманих від ультразвукового датчика на попередньому етапі, алгоритм розрахунку наступної точки додаткового сканування має вигляд:

- визначити напрямлення руху, виходячи з номера цікавлячого сканування і кута повороту датчика за один раз.

- визначити відстань переміщення до потрібної точки;

- визначити напрямлення повороту датчика: при скануванні по годинній стрілочці, в разі виникнення різниці вимірювань відстані з попереднім значенням, то датчик розвернути вліво, в протилежному разі – вправо.

- визначити початковий і кінцевий кут позиціонування ультразвукового датчика в час проведення сканування. Для більшої точності рекомендується проводити сканування на 180 градусів, незважаючи на зростаючі витрати процесорного часу на обробку результатів, сканування на 180 градусів забезпечує найбільшу точність [2].

Відомі різні підходи для зображення оточення на карті. Для реалізації алгоритму руху вибрано метод побудова растрової карти. Цей метод вимагає більшої кількості обчислювальних ресурсів робота і об'єму пам'яті, порівняно з побудова об'єктної карти, однак, дозволяє надати більш повну інформацію про аналізоване простору [3].

Для більш простого представлення даного методу, приймемо, що приміщення розділено на кімнати, з'єднані між собою дверними проходами. Карта кожної кімнати представляється в вигляді двовимірного масиву даних, що описує кімнату з точки зору проходимості для робота окремих її зон. Під зоною розуміється в вигляді квадрата фіксованих розмірів, заданих габаритами самого ро-

бота, что позволяет определить пройдет ли робот. Под зоной понимается квадрат (ячейка таблицы), содержащая какое-то число, характеризующее данную зону.

Например: 0 – свободно для перемещения,

1 – препятствие,

2-5 – потенциально проблемный участок, чем выше коэффициент которого – тем аккуратнее роботу необходимо его преодолевать.

Эти коэффициенты не являются константными. Робот имеет возможность самостоятельно корректировать их в зависимости от результатов текущих измерений.

Упрощенный алгоритм изменения карты на основании реальных измерений дальномером выглядит следующим образом:

в случае обнаружения в свободной для перемещения зоне – добавить в соответствующую ячейку таблицы +1,

если свободно и значение в данной ячейке не равно 0, то отнять -1.

Таким образом, робот сможет динамически корректировать свою карту и даже при минимальных изменениях окружающей местности, карта будет достаточно быстро изменена и станет достоверной. При движении в зоне с весовым коэффициентом 0, робот едет на высокой скорости, принимая, что путь свободен.

Если коэффициент лежит в диапазоне от 2 до 5, то двигаться можно, но на невысокой скорости, в связи с тем, что ранее в данном участке местности были проблемы. При приближении к такой зоне, роботу необходимо сделать уточняющее сканирование участка для принятия решения.

Выводы

Таким образом, предложенный алгоритм действий робота является достаточно точным, что позволяет использовать его в самых разных сферах деятельности.

Наиболее очевидным примером является использование таких роботов в промышленности.

Автоматизация таким образом тех же складских помещений позволит существенно ускорить процесс перемещения необходимых компонентов по предприятию, а также систематизировать хранящиеся на складах детали, что, в дальнейших перспективах, приведёт к отсутствию необходимости в присутствии человека, выполняющего «ручную» работу.

Список литературы

1. Rui Araujo. Prune-able fuzzy ART Neural Architecture for Robot Map Learning and Navigation in Dynamic environment // *IEEE Trans. On Neural Networks.* – Vol. 17(5). – 2011. – P. 1235–1249.
2. Gavrilov A.V., Lee S/-Y. An Approach for Invariant Clustering and Recognition in Dynamic Environment. // *Advances and Innovations in Systems, Computing Science and Software Engineering. Heidelberg: Springer.* – 2007. – P. 47-52.
3. Даринцев О.В., Мигранов А.Б. Использование нейронной карты для планирования траектории мобильного робота. // *Искусственный интеллект.* – №3. – 2009. – С. 300-307.

Надійшла до редколегії 2.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Цимбал, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ У ПРОСТОРІ ТА ПОВЕДІНКИ АВТОНОМНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА, ОСНАЩЕНОГО МІНІМАЛЬНИМИ АПАРАТНИМИ ЗАСОБАМИ

А.Ю. Іхтіяров

Для того, щоб визначити координати мітки, ToF зазвичай вимірюються данні з чотирьох приймачів. Основним недоліком є чутливість до втрати сигналу в присутності (появи) парних «легких» перешкод, хибних ехосигналів і перешкод від ультразвукових джерел, наприклад, від ультразвукових дефектоскопів, ультразвукового очищення пристрою на роботі. Для усунення цих недоліків необхідно ретельно спланувати систему. Перевагою ультразвукових систем є високою точністю позиціонування, досягаючи три сантиметрів. «Місцеві» системи позиціонування використовуються досить рідко, і їх застосування зменшується по мірі розвитку радіочастотних технологій.

Ключові слова: алгоритм, позиціонування, аналіз, сканування, прийняття рішень.

ALGORITHM FOR DETERMINING THE POSITION IN THE SPACE AND THE BEHAVIOR OF THE AUTONOMOUS MOBILE ROBOT EQUIPPED WITH MINIMUM APPARATUS

A. Yu. Ikhtiyarov

To determine the coordinates of the mark, ToF is usually measured to four receivers. The main disadvantage is the sensitivity to signal loss in the presence (occurrence) of even "light" obstacles, to false echoes and to interference from ultrasound sources, for example, from ultrasonic flaw detectors, ultrasonic cleaning devices at work, ultrasound in the hospital. To eliminate these shortcomings, you need to carefully plan the system. The advantage of ultrasonic systems is the highest positioning accuracy, reaching three centimeters. «Local» positioning systems are used quite rarely, and their application is reduced as the development of radio-frequency technologies

Keywords: algorithm, positioning, analysis, decision making, scanning.